

◁头颈部影像学▷

超声造影 VueBox 软件定量分析联合人工智能大语言模型在鉴别 C-TIRADS 4 类甲状腺小结节良恶性中的价值

陈佳慧, 康 凯, 高雪萌, 黄 瑛

(中国医科大学附属盛京医院超声科, 辽宁 沈阳 110004)

[摘要] 目的:本研究拟探寻超声造影(Contrast-enhanced ultrasound, CEUS)VueBox 软件定量分析联合人工智能大语言模型在鉴别 C-TIRADS 4 类甲状腺小结节良恶性中的价值。方法:回顾性分析 2021 年 3 月—2022 年 11 月于我院行常规超声检查发现最大直径 ≤ 10 mm 的 C-TIRADS 4 类结节并进一步行 CEUS 检查,后经甲状腺细针穿刺或手术病理证实的 100 个患者(100 个结节)的资料。根据病理结果分为恶性组(70 个结节)和良性组(30 个结节),记录两组结节常规超声声像图特征并比较;使用 VueBox 软件对结节 CEUS 动态图像进行分析获得时间-强度曲线,记录结节及周围等大等深正常组织共 24 个 VueBox 定量参数及差值(Δ)并比较。采用 ChatGPT 3.5 大语言模型分析初级医师及高级医师记录的 C-TIRADS 特征并记录输出结果。评价两组间 VueBox 定量参数及大语言模型结果,并绘制受试者工作特征(Receptor operation curve, ROC)曲线评估诊断效能。结果:恶性组结节相较于良性组结节,纵横比大于 1 及边界模糊的比例更高;恶性组结节峰值强度(PE)((11 292.37 \pm 8 608.01) a.u)、结节处 PE 与正常组织 PE 差值(Δ PE)(-13 219.32 \pm 20 922.01)、流入相曲线下面积(WiAUC)((47 702.1 \pm 44 265.22) a.u)、流入相比率(WiR)((4 644.31 \pm 3 857.83) a.u)、流入相灌注指数(WiPI)((10 112.57 \pm 8 468.14) a.u)均低于良性组结节。定量参数 PE 以 10 967.66 a.u 为截断值诊断效能最高,灵敏度为 0.6(0.476~0.713),特异度为 0.87(0.684~0.956),准确度为 0.68, AUC 为 0.789(0.695~0.882);大语言模型诊断灵敏度为 0.83(0.716~0.905),特异度为 0.63(0.439~0.795),准确度为 0.77, AUC 为 0.731(0.616~0.846);CEUS 的 VueBox 定量分析联合大语言模型诊断灵敏度为 1(0.935~1),特异度为 0.63(0.439~0.795),准确度为 0.89, AUC 为 0.817(0.707~0.926)(P 均 <0.05)。结论:CEUS VueBox 定量参数 PE 可有效鉴别 C-TIRADS 4 类甲状腺小结节的良恶性,联合大语言模型可保留诊断特异度的同时提高诊断灵敏度、准确度及 AUC。

[关键词] 甲状腺结节;超声检查

[中图分类号] R736.1;R445.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1008-1062(2024)09-0613-05

DOI:10.12117/jccmi.2024.09.002

Value of quantitative analysis of VueBox software of contrast-enhanced ultrasound combined with artificial intelligence large language model in differential diagnosis of benign and malignant C-TIRADS 4 micro-thyroid nodules

CHEN Jia-hui, KANG Kai, GAO Xue-meng, HUANG Ying

(Department of Ultrasound, Shengjing Hospital Affiliated to China Medical University, Shenyang 110004, China)

Abstract: Objective: To explore the value of quantitative analysis of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) VueBox software combined with artificial intelligence large language model in differential diagnosis of benign and malignant C-TIRADS 4 micro-thyroid nodules. **Methods:** A total of 100 C-TIRADS category 4 micro-thyroid nodules (with a maximum diameter of ≤ 10 mm) of 100 patients detected by conventional ultrasound and further performed CEUS and fine needle aspiration (FNA) or surgery in our hospital from March 2021 to November 2022 were collected retrospectively. According to the pathological results, they were divided into malignant group(70 nodules) and benign group(30 nodules). The conventional ultrasound sonographic features of two groups were recorded and compared. Time-intensity curves were obtained by analyzing the dynamic videos of CEUS using VueBox software, and a total of 24 perfusion parameters, including quantitative parameters of the nodules, the surrounding normal thyroid tissue with equal size and equal depth, and their differences were recorded and compared in two groups. ChatGPT 3.5 large language model was used to analyse the C-TIRADS features recorded by junior and senior radiologist and the output results were recorded. The receptor operation curve (ROC) curve was used to assess the diagnostic efficacy. **Results:** The proportion of nodules with aspect ratios greater than 1 and blurred borders was higher in the malignant group than that in the benign group. The peak enhancement (PE)(11 292.37 \pm 8 608.01) a.u, the differences in PE between the nodule and normal tissue (Δ PE)(-13 219.32 \pm 20 922.01), wash-in area under the curve(WiAUC)(47 702.1 \pm 44 265.22) a.u, wash-in rate(WiR)(4 644.31 \pm

[收稿日期] 2024-06-24

[作者简介] 陈佳慧(1997-),女,蒙古族,辽宁朝阳人,在读博士研究生。E-mail:suzycjh@163.com

[通信作者] 黄瑛,中国医科大学附属盛京医院超声科,110004。E-mail:huangying712@163.com

[基金项目] 辽宁省“百千万人才工程”项目;辽宁省“兴辽英才计划”医学名家项目(YXMJ-LJ-10);

辽宁省科技计划联合计划(重点研发计划项目)。

3 857.83) a.u., wash-in perfusion index (WiPI)(10 112.57±8 468.14) a.u. in the malignant group were lower than those in the benign group. PE had the highest diagnostic efficacy with a cut-off value of 10 967.66 a.u., with a sensitivity of 0.6 (0.476~0.713), a specificity of 0.87(0.684~0.956), an accuracy of 0.68 and an AUC of 0.789(0.695~0.882). The diagnostic sensitivity of large language model was 0.83(0.716~0.905), the specificity was 0.63(0.439~0.795), the accuracy was 0.77, and the AUC was 0.731 (0.616~0.846), respectively. The diagnostic sensitivity of VueBox analysis combined with the large language model was 1 (0.935~1), the specificity was 0.63(0.439~0.795), the accuracy of 0.89, and the AUC of 0.817(0.707~0.926), respectively(all $P < 0.05$). **Conclusion:** VueBox quantitative parameter PE of CEUS can effectively identify benign and malignant micro-thyroid nodules of C-TIRADS category 4, and the combination with the large language model can improve the diagnostic sensitivity, accuracy, and AUC while preserving the diagnostic specificity.

Key words: Thyroid Nodule; Ultrasonography

随着高频超声的发展,甲状腺微小乳头状癌(Papillary thyroid microcarcinoma,PTMC)的检出率逐渐增高,但根据 2020 版中国学者发布的甲状腺影像报告和数据库系统(Chinese version of thyroid imaging reporting and data system,C-TIRADS),C-TIRADS 4 类结节的恶性风险范围较大(10%~90%)^[1]。超声造影(Contrast-enhanced ultrasound,CEUS)作为一种纯血池对比剂,在甲状腺最大直径 ≤ 10 mm 结节的良恶性判断及消融疗效评估中具有重要作用^[2-6],但由于结节的直径过小,一些 CEUS 定性分析指标在临床中难以判断,在术前对甲状腺微小结节进行精确诊断的新技术和新方法依然亟待发掘。定量分析软件 VueBox 可增强血流灌注的对比度,将结节内部与周边组织的灌注差异通过具体数字展现出来,弥补了定性分析的局限性,并且人工智能大语言模型近年来也成为了医学领域分类判断的一种新方法,临床中至少可达到辅助初级医师进行判断的水平^[7-8]。故本研究拟探寻 CEUS VueBox 定量分析联合人工智能大语言模型在 C-TIRADS 4 类甲状腺微小结节中的诊断价值,从而为临床决策提供更多有价值的信息。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2021 年 3 月—2022 年 11 月于中国医科大学附属盛京医院诊断为 C-TIRADS 4 类甲状腺微小结节患者 100 例,男 21 例,女 79 例,年龄(45.43±11.46)岁;共 100 个结节,其中 C-TIRADS 4a 类结节 25 个,4b 类结节 49 个,4c 类结节 26 个。纳入标准:①患者接受 CEUS 检查并签署知情同意书;②患者均无基础代谢疾病且年龄 >18 岁;③经超声引导下细针穿刺活检或手术取得明确病理结果。排除标准:①因患者吞咽或大幅度呼吸,CEUS 视频不完整不稳定,影响 VueBox 定量分析者;②病理结果为 Bethesda I、III、IV 类;③结节区域及周边正常组织区域定量分析曲线拟合度(Quality of fit,QOF)

$<75\%$ 者;④其他资料不完整者。

1.2 研究方法

1.2.1 常规超声、CEUS 检查及 CEUS VueBox 定量分析

使用 Mindray Eagus Resona 9 L14-3U 超声扫描仪用于常规超声及 CEUS 检查,造影剂采用意大利 Bracco 公司的 SonoVue。首先嘱患者平卧于检查床,仰头充分暴露甲状腺。由一位具有 20 年以上工作经验的超声医师进行动态扫查、存图,并依照 C-TIRADS 指南^[1]观察并记录目标甲状腺结节成分(实性或非实性)、回声(极低回声、低回声、非低回声)伴微钙化(是或否)、形状(纵横比大于 1 或小于 1)、边缘(模糊或清晰),C-TIRADS 指标同时经一位具有 4 年超声诊断经验的初级医师通过读图进行记录。以上参数记录完毕后,选取结节最大直径且包含周围正常甲状腺组织的切面进入 CEUS 模式。调节机械指数(Mechanical Index,MI)约 0.06-0.08。混合 59 g Sonovue 干粉与 5 mL 生理盐水,振荡后制得混悬液,取其中 1.5 mL 沿肘静脉快速团注后注入 5 mL 生理盐水冲管。注射造影剂的同时开始计时,嘱患者尽量不吞咽及大幅度呼吸,保持探头稳定,观察并以 DICOM 格式存储 CEUS 视频 80 s,导入 VueBox 软件进行定量分析^[9]。定量分析步骤如下:首先将二维超声模式及 CEUS 模式对准分析框,手动勾画感兴趣区(Region of interest,ROI)1(尽量沿着结节边缘包绕整个甲状腺结节)及 ROI 2(勾画周边等大等深度的正常甲状腺组织作为对照),点击“分析”按钮,软件内部内置函数进行参数计算及时间-强度曲线拟合,其血流灌注参数以均值形式展现,并以 Excel 表格形式输出。CEUS VueBox 定量参数包括:平均信号强度(Mean contrast signal intensity,MeanLin)、峰值强度(Peak enhancement,PE)、流入相曲线下面积(Wash-in area under the curve,WiAUC)、上升时间(Rise time,RT)、局部平均渡越时间(Local mean transit time,mTTI)、达峰时间(Time to peak,TTP)、流入相比率(Wash-in rate,WiR)、流出相比率

(Wash-out rate, WoR)、流入相灌注指数(Wash-in perfusion index, WiPI)、流出相曲线下面积(Wash-out area under the curve, WoAUC)、流入相和流出相曲线下面积(Wash-in and wash-out area under the curve, WiWoAUC)、下降时间(Fall time, FT)、经长度校准后手动绘制的结节 ROI 内面积。并计算结节 VueBox 定量参数与周围等大等深正常甲状腺组织组织 VueBox 定量参数的差值(Δ)。

1.2.2 人工智能大语言模型生成

使用目前预训练量最大的大语言模型 ChatGPT 3.5 进行训练^[10-11],将初级医师及高级医师记录的 C-TIRADS 征象生成“文本”模型。针对每一个结节,大语言模型均使用了相同的两个语句:①Do you know C-TIRADS? The malignancy risk for nodules classifies as C-TIRADS 1, C-TIRADS 2, C-TIRADS 3, C-TIRADS 4a, C-TIRADS 4b, C-TIRADS 4c, C-TIRADS 5? ②If you are a radiologist, the following are ultrasound signs of one thyroid nodule. I want you to give a diagnosis of the nodule, benign or malignant? 记录输出结果。

1.3 统计学分析

本研究使用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量资料采用均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,两组间比较符合正态分布者采用独立样本 *t* 检验,方差不齐者

及偏态分布的资料采用 Mann-Whitney *U* 检验;计数资料采用率和频数表示,两组间比较采用 χ^2 检验。绘制受试者工作特征(Receiver operating characteristic, ROC)曲线,评估 CEUS VueBox 软件定量分析及人工智能大语言模型的诊断效能,检验水准 α 设为 0.05。联合诊断采用并联法,即任意一种方法诊断结论为恶性则定义为恶性。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

100 个符合纳排标准的甲状腺微小结节被纳入本研究,结节大小为 2.9~10 mm,平均大小为(6.09 \pm 2.1) mm,面积 0.03~0.854 cm²,平均面积为 0.194 cm²。恶性组 70 例,均为 PTMC;良性组 30 例,其中 27 例为小结节性甲状腺肿,3 例为桥本氏甲状腺炎。两组患者的年龄、性别间均无统计学差异($P>0.05$)。

2.2 甲状腺小结节 C-TIRADS 特征分析结果

100 例结节中,C-TIRADS 4a 类结节恶性率为 48%(12/25),C-TIRADS 4b 类结节恶性率为 71.4%(35/49),C-TIRADS 4c 类结节恶性率为 88.5%(23/26)。恶性组结节纵横比大于 1、边缘模糊的比例均高于良性组结节;两组结节成分、回声、是否伴有微钙化情况间没有明显的统计学差异($P>0.05$)(表 1)。

表 1 两组结节常规超声 C-TIRADS 特征比较(个(%))

分组及结节个数	成分		回声			微钙化		纵横比大于 1		边缘	
	实性	非实性	极低回声	低回声	非低回声(等/高)	有	无	是	否	清晰	模糊
良性组(n=30)	30(100)	0	1(3.3)	22(73.4)	7(23.3)	8(26.7)	22(73.3)	6(20)	24(80)	23(76.7)	7(23.3)
恶性组(n=70)	70(100)	0	3(4.3)	52(74.3)	15(21.4)	18(25.7)	52(74.3)	39(55.7)	31(44.3)	33(47.1)	37(52.9)
χ^2 值	0		0.206			0.01		10.823		7.429	
<i>P</i> 值	1.000		1.000			0.921		0.001 ¹		0.006 ¹	

注:1:表示差异具有统计学意义。

2.3 甲状腺小结节 VueBox 定量分析参数比较

CEUS VueBox 定量分析结果中,恶性组结节 PE((11 292.37 \pm 8 608.01) a.u)、结节处 PE 与正常组织 PE 差值(Δ PE)((-13 219.32 \pm 20 922.01) a.u)、WiAUC((47 702.1 \pm 44 265.22) au)、WiR((46 443.1 \pm 38 578.3) au)、WiPI((10 112.57 \pm 8 468.14) a.u)均低于良性组结节($P<0.05$),MeanLin、 Δ MeanLin、 Δ WiAUC、RT、 Δ RT、mTTL、 Δ mTTL、TTP、 Δ TTP、 Δ WiR、 Δ WiPI、WoAUC、 Δ WoAUC、WiWoAUC、 Δ WiWoAUC、FT、 Δ FT、WoR、 Δ WoR 在恶性组及良性组结节间比较差异无统计学意义($P>0.05$)(图 1,2)。

2.4 大语言模型 ChatGPT 3.5 输出结果及一致性分析

初级医师及高级医师所记录的 C-TIRADS 结

果输入至大语言模型中,高级医师共诊断 69 个恶性结节(初级医师将其中 65 个诊断为恶性结节,4 个诊断为良性结节),31 个良性结节(初级医师将其中 7 个诊断为恶性结节,24 个诊断为良性结节),将输出结果进行一致性检验,*Kappa* 值为 0.736,差异具有统计学意义($P<0.05$)。

2.5 CUES VueBox 定量分析及大语言模型鉴别诊断 C-TIRADS 4 类以上甲状腺小结节

在 C-TIRADS 4 类小结节中,VueBox 定量参数 PE、 Δ PE、WiAUC、WiR、WiPI 鉴别诊断结节良恶性的 AUC 分别为 0.789、0.659、0.576、0.618、0.560。其中 PE 的诊断效能最好,灵敏度为 0.60,特异度为 0.87,准确度为 0.68。大语言模型诊断效能采用高级医师记录输出的结果。联合诊断效能于表 2 可见,大

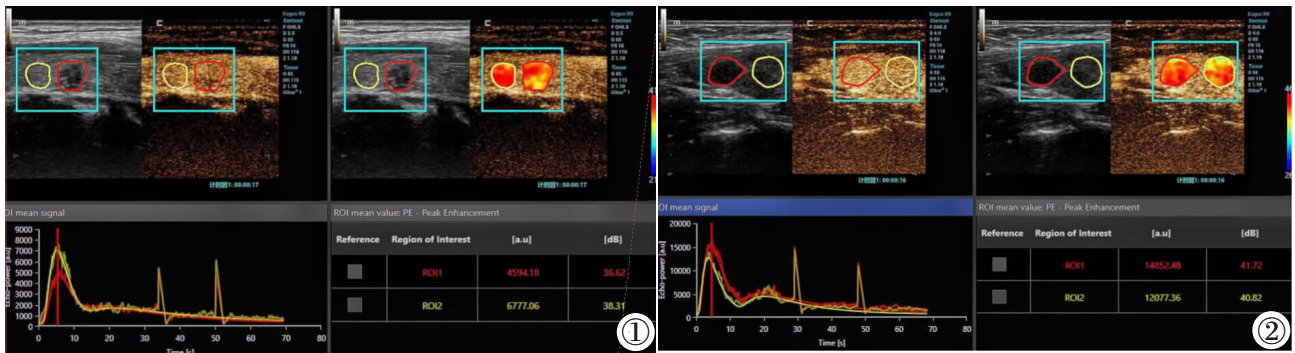


图 1 PTMC 达峰时刻 CEUS 图及 VueBox 灌注曲线图。 图 2 甲状腺小结节性甲状腺肿达峰时刻 CEUS 图及 VueBox 灌注曲线图。

Figure 1. CEUS image in PE time and the TIC curve of VueBox of PTMC. Figure 2. CEUS image in PE time and the TIC curve of VueBox of micro nodular thyroid goiter.

表 2 CEUS VueBox 定量分析参数及大语言模型鉴别诊断 C-TIRADS 4 类甲状腺小结节良恶性的效能

参数	截断值	灵敏度	特异度	准确度	AUC(95%CI)	P 值
PE(a.u)	10 967.66	0.6(0.476~0.713)	0.87(0.684~0.956)	0.68	0.789(0.695~0.882)	<0.001 ¹
△PE	-2 399.2	0.6(0.533~0.763)	0.6(0.408~0.768)	0.64	0.659(0.540~0.778)	0.012 ¹
WiAUC(a.u)	94 495.68	0.86(0.748~0.926)	0.43(0.260~0.623)	0.73	0.649(0.531~0.767)	0.019 ¹
WiR(a.u)	4 453.42	0.63(0.504~0.739)	0.6(0.408~0.768)	0.62	0.624(0.504~0.774)	0.050 ¹
WiPI(a.u)	14 142.89	0.79(0.668~0.871)	0.47(0.288~0.654)	0.69	0.611(0.487~0.736)	0.078
LLM	-	0.83(0.716~0.905)	0.63(0.439~0.795)	0.77	0.731(0.616~0.846)	<0.001 ¹
VueBox+LLM	-	1(0.935~1)	0.63(0.439~0.795)	0.89	0.817(0.707~0.926)	<0.001 ¹

注:1:表示差异具有统计学意义;LLM:大语言模型。

语言模型诊断的灵敏度为 0.83,特异度为 0.63,准确度为 0.77,AUC 为 0.731;VueBox 定量分析联合大语言模型进行诊断,保持了特异度(0.63)的同时,提高了灵敏度(0.83~1)、准确度(0.77~0.89),AUC 为 0.817(图 3,4)。

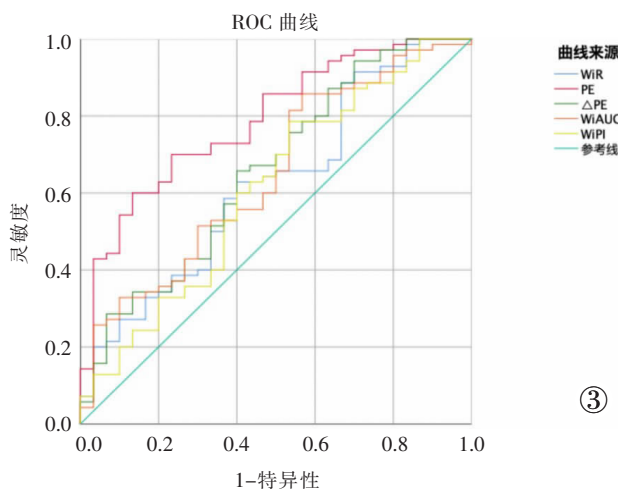


图 3 VueBox 定量分析参数鉴别诊断 C-TIRADS 4 类以上甲状腺小结节良恶性的 ROC 曲线图。

Figure 3. ROC curves of VueBox quantitative parameters in differentiating benign and malignant C-TIRADS 4 micro-thyroid nodules.

3 讨论

甲状腺结节是一种常见病,近年来随着检出率增

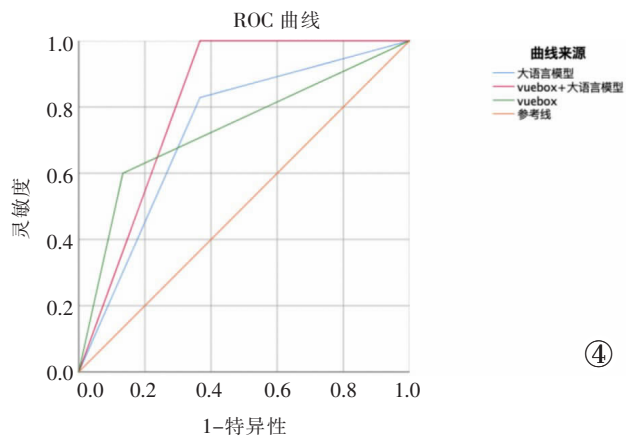


图 4 VueBox 定量分析联合大语言模型鉴别诊断 C-TIRADS 4 类以上甲状腺小结节良恶性的 ROC 曲线图。

Figure 4. ROC curves of VueBox quantitative parameters combined with large language model in differentiating benign and malignant C-TIRADS 4 micro-thyroid nodules.

高,越来越多的最大直径≤10 mm 的 PTMC 被诊断。2020 版中国学者发布的 C-TIRADS 指南对甲状腺结节的良恶性进行了风险分层^[1],并针对 C-TIRADS 4 类结节依据结节直径给出了具体建议。然而即便如此,被归类为 C-TIRADS 4 类结节的恶性概率仍为 10%~90%,跨度较大,即使对于不靠近被膜、气管、喉返神经的 C-TIRADS 4a 类结节,指南已推荐随访,但临床中由于患者的担忧,依然迫切需要进行精确诊断,造成过度诊疗。本研究 C-TIRADS 分析结果也表明,恶性组结节相较于良性组结节,更多表现为

纵横比大于 1 及边缘模糊($P<0.05$),然而可能是因为本研究选择的是临床初步筛查中更加怀疑恶性而进行穿刺或手术的 C-TIRADS 4 类以上结节,故两组结节在成分、回声、微钙化间均无统计学差异($P>0.05$),提示 C-TIRADS 在诊断甲状腺小结节中的局限性。

CEUS 可以通过静脉注射六氟化硫显示实体器官的微循环灌注,近年来在甲状腺结节诊疗的各个方面都起到了关键作用^[12-15],然而对于最大直径 ≤ 10 mm 的甲状腺结节,尤其是最大直径 ≤ 5 mm 的微小结节,CEUS 细微灌注的差异很难通过肉眼定性判断。VueBox 软件包含 12 种定量参数,可以更加精准地定量分析结节内部血流灌注随时间变化的趋势,为临床诊疗提供依据。本研究测量了结节内部及周围等大等深正常甲状腺组织的定量参数及其差值,结果发现,恶性组结节 PE、 Δ PE、WiAUC、WiR、WiPI 均低于良性组结节,差异有统计学意义,这可能是由于恶性结节生长不断浸润着正常血管结构,相较于良性结节,其内部新生血管迂曲、杂乱而不规则、分化较差,且易形成动静脉瘘,使造影剂在灌注过程中阻力变大、速度变慢、灌注较低,导致 PE、 Δ PE、WiAUC、WiR、WiPI 低于良性结节。除此之外,虽然两组结节 MeanLin、 Δ MeanLin、 Δ WiAUC、 Δ WiR、 Δ WiPI 间差异无统计学意义,但恶性组 MeanLin、 Δ MeanLin、 Δ WiAUC、 Δ WiR、 Δ WiPI 均低于良性组,我们分析可能也与上述原因有关。在诊断效能分析中,PE 鉴别诊断 C-TIRADS 4 类甲状腺结节的 AUC 最高(0.789),灵敏度及特异度分别为 0.60 和 0.87,最佳截断值为 10 967.66 a.u.,提示 PE 在 C-TIRADS 4 类甲状腺结节鉴别诊断中具有较高价值。

本研究发现恶性组结节 RT、 Δ RT、FT、 Δ FT、mTTI、 Δ mTTI 均略高于良性组结节,TTP、 Δ TTP 略早于良性组结节,但差异无统计学意义,与 Gu 等^[16]的研究结果不尽一致。Gu 等分析了 103 个结节,将恶性组按 10 mm 分组,发现恶性组 RT、 Δ RT、TTP、 Δ TTP 略高于良性组,TTI、 Δ TTI 略低于良性组。这可能是由于本研究纳入的是 C-TIRADS 4 类拟行穿刺的高危结节,结节内部已经过长时间和反复的坏死、液化、纤维化,血管角度多、密度低^[17],导致造影剂“不易进也不易出”,消退时间延长,相对更快达峰。造影剂达峰后,由于上述原因,恶性组内部造影剂不容易快速消退,从而导致了更高的 WoAUC、 Δ WoAUC、WiWoAUC 及 Δ WiWoAUC。陈阿倩等^[18]的研究认为,WiR 和 WoR 在鉴别 TIRADS 4~5 类良性结节中具有较高的价值,然而本研究中两组 WoR、 Δ WoR 间差异无统计学意义,可能是由于本研究仅纳入了最大直径 ≤ 10 mm

的结节,且本研究纳入整个结节作为 ROI 进行参数测量,结节内部复杂的成分因素尚未考虑在内。

研究显示 ChatGPT 作为世界上训练量最大的大语言模型,即使没有预训练,也可达到初级医师的诊断水平^[19]。本研究大语言模型使用初级医师及高级医师记录的 C-TIRADS 结果后,所输出的诊断具有完美的一致性(Kappa 值为 0.736),证明大语言模型在诊断 C-TIRADS 4 类小结节中具有可行性。诊断的灵敏度、特异度、准确度分别为 0.83、0.63、0.77。CEUS VueBox 定量分析及大语言模型联合诊断,在保留特异度的同时,灵敏度提高至 100%,准确度提高至 0.89,证明 CEUS VueBox 定量分析联合人工智能大语言模型在鉴别诊断 C-TIRADS 4 类甲状腺小结节良恶性中具有较高价值,有望减少误诊率,避免过度诊疗,为患者选择更加合适的诊疗方案提供帮助。

本研究的局限性:本研究为回顾性研究,未来需要前瞻性多中心样本验证本研究的结论。

[参考文献]

- [1]Zhou J, Yin L, Wei X, et al. 2020 Chinese guidelines for ultrasound malignancy risk stratification of thyroid nodules: the C-TIRADS[J]. Endocrine, 2020, 70(2): 256-279.
- [2]Huang K, Bai Z, Bian D, et al. Diagnostic Accuracy of Contrast-Enhanced Ultrasonography in Papillary Thyroid Microcarcinoma Stratified by Size[J]. Ultrasound Med Biol, 2020, 46(2): 269-274.
- [3]Ding Y, Peng Y, Zhang J, et al. Diagnostic value of contrast-enhanced ultrasound in the diagnosis of papillary thyroid microcarcinoma: A systematic review and meta-analysis[J]. Medicine(Baltimore), 2024, 103(15): e37768.
- [4]Juan Z, Yongping L, Han X, et al. A 5-year follow-up study on the efficacy and safety of ultrasound-guided laser ablation in elderly patients with papillary thyroid microcarcinoma: A retrospective, single-center study from China [J]. Front Endocrinol(Lausanne), 2022, 13: 972589.
- [5]Zhou X, Zhang M, Jin L, et al. Quantitative analysis of contrast-enhanced ultrasound combined with ultrasound in the unifocal papillary thyroid micro-carcinoma [J]. Med Eng Phys, 2022, 110: 103840.
- [6]Lin Y, Wu ZR, Shi YP, et al. Radiofrequency Ablation of Unifocal Papillary Thyroid Microcarcinoma With BRAF V600E Mutation[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2023, 108(11): e1298-e1305.
- [7]Bluthgen C, Chambon P, Delbrouck JB, et al. A vision-language foundation model for the generation of realistic chest X-ray images[J]. Nat Biomed Eng, 2024. Online ahead of print.
- [8]Moy L. Guidelines for Use of Large Language Models by Authors, Reviewers, and Editors: Considerations for Imaging Journals [J]. Radiology, 2023, 309(1): e239024.
- [9]Platz Batista da Silva N, Jung EM, Jung F, et al. VueBox perfusion analysis of contrast-enhanced ultrasound(CEUS) examinations in patients with primary hyperparathyroidism for preoperative detection of parathyroid gland adenoma [J]. Clin Hemorheol Microcirc, 2018, 70(4): 423-431.